Lane Medical Library

Ueber den

Einfluss der verdünnten Luft.

INAUGURAL-DISSERTATION,

WELCHE

ZUR ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

IN DER

MEDICIN UND CHIRURGIE

MIT ZUSTIMMUNG

DER MEDICINISCHEN FACULTÄT

DER

FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT ZU BERLIN

am 15. Februar 1882

NEBST DEN ANGEFÜGTEN THESEN

ÖFFENTLICH VERTHEIDIGEN WIRD

DER VERFASSER

Johann Sebastian Levy

aus Breslau.

OPPONENTEN:

Herr Alfred Krakauer, Dr. med.
- Albert Freudenberg, Cand. med.
- Wilhelm Fliess, Cand. med.

BERLIN.

Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke).

Linienstr. 158.

Dem

Geheimen Medizinalrath und ordentlichen Professor

Herrn Doctor Ernst Leyden

und auch

dem Geheimen Sanitätsrath

Herrn Doctor Julius Meyer

als Zeichen innigster Dankbarkeit

gewidmet

vom

Verfasser.

„Non possis oculo quantum contendere Lynceus,
Non tamen idcirco contemnas lippus inungui."
HORAT.

Der Einfluss verdünnter Luft ist schon lange Gegenstand der Beobachtung gewesen; die ersten Aufzeichnungen darüber verdanken wir Bergsteigern, und unter diesen zuerst dem Jesuitenpater Acosta, der am Ende des 16. Jahrhunderts das Hochland von Peru bereiste und über 4500 m gestiegen war. Kein andrer unter allen Schriftstellern der folgenden Zeit bis zu de Saussure hat mit solcher Genauigkeit und solcher Ueberzeugung das geschildert, was von späteren französischen Autoren mal des montagnes, kurz Bergweh genannt wurde. De Saussure aber war der erste, der bei Gelegenheit seiner berühmten Mont-Blancbesteigungen im Jahre 1787 auf Grund reichster wissenschaftlicher Kenntnisse den Ursachen des Bergwehs nachforschte, jenem Symptomencomplex, der mit Kopfschmerz, Mattigkeit, Steigerung der Pulsfrequenz, Uebelkeit beginnt, sich bald zu heftigster Athemnoth, Haemorrhagien auf den Lippen, auf der Conjunctiva, brennendem Durst, unstillbarem Erbrechen, äusserster Mattigkeit und Hinfälligkeit, die beim Ausruhen gleich verschwindet, Schwindelgefühl, Ohnmacht steigert, und dem de Saussure selbst auf das schlimmste ausge-

setzt war. Bei dem geringsten Versuche, eins seiner aufgestellten Instrumente zu beobachten, musste er sich niedersetzen und Athem holen; die meisten seiner Begleiter, obwohl Alpenbewohner, hielten diese Luftverdünnung nicht aus und kehrten um. Aehnlich litt A. v. Humboldt bei seinen Besteigungen des Chimborazo und Antisana, die er bei seinem Aufenthalt in Quito 1802 unternahm, und bei denen es ihm gelang, sich der Spitze des Chimborazo (6420 m) auf 500 m zu nähern. Ueber das, was ihm bei einer Höhe von 3031 toises (5910 m), bei einer Temperatur von + 1,3°, bei einem Barometerstand von 13″ 11,2‴ (377 mm) widerfuhr, schreibt er[1]): „Nous saignâmes encore des lèvres .... Nous sentîmes tous un malaise, une débilité, une envie de vomir, qui certainement provient autant du manque d'oxygène de ces régions que de la rareté de l'air. Je ne trouvai que 0,20 d'O. à cette immense hauteur.“ Im Anschluss daran heisst es in einem Briefe an seinen Bruder[2]): „Il nous restait même encore, 2 ou 3 jours après notre retour dans la plaine, un malaise, que nous ne pouvions attribuer qu'à l'effet de l'air dans ces régions élevées, dont l'analyse nous donne 20 centièmes d'oxygène.“ Einmal wurde er auf dem Vulkan Pichincha, trotzdem er sich auf einer verhältnissmässig nicht so bedeutenden Höhe (4480 m) befand, von so heftiger Uebelkeit und Schwindel erfasst, dass ihn die Genossen bewusstlos auf der Erde

---

[1]) Nach Paul Bert: La pression barométrique, Paris 1878. S. 31. Lettre de M. Humboldt adressée au citoyen Delambre, datée de Lima le 25 nov. 1802.

[2]) Bert, l. c. p. 32.

fanden[1]). Nach seinen Beobachtungen gestalten sich die Erscheinungen des Bergwehs sehr verschieden nach dem Alter, der Constitution, der Feinheit der Haut, den vorhergegangenen Muskelanstrengungen, die sich in den Anden bei weissen Menschen manifestiren, wenn das Barometer zwischen 14″ und 15,8″ steht[2]). Die Verschiedenheit, mit der die Erniedrigung des Luftdruckes auf die Menschen einwirkt, ist allerdings evident, wenn man bedenkt, wie oft seitdem die Besteigung des Mont Blanc (4810 m; Barometerstand 420 mm) wiederholt worden ist, ohne dass einer der Berichterstatter auch nur annähernd so zu leiden hatte wie de Saussure, wenn man gar erwägt, dass es Boussingault 1831 gelang, dem Gipfel des Chimborazo bis auf eine Höhe von 6004 m (350 mm Barometerstand) sich zu nähern, ohne dass er oder einer seiner Begleiter erheblich zu leiden hatten. Boussingault schiebt die leichte Ertragung der enormen Bergbesteigung auf den längeren Aufenthalt, den er vorher in den hoch gelegenen Andenstädten genommen hat, und weist zugleich auf die Gewöhnung der Einwohner von Bogota, Potosi, Quito an die Luftverdünnung hin, wie sie in diesen 3—4000 m hoch liegenden Städten bei einem Barometerstande von 460—450 mm existirt, wobei er die Kraft und Geschmeidigkeit der Leute nicht genug bewundern kann[3]).

In neuerer Zeit ist es kühnen Forschern geglückt, mittelst der Luftschifffahrt noch beträchtlichere Höhen

---

[1]) Bert, l. c. p. 33.
[2]) Bert, ibidem.
[3]) Bert, l. c. p. 45.

zu erreichen, als es einem Bergsteiger jemals gelingen konnte. Im Jahre 1862 erreichte Glaisher eine Höhe von 8838 m; das Barometer war auf 248 mm gefallen; gleich darauf fiel er in Ohnmacht, gewann das Bewusstsein erst wieder, als der Ballon gefallen war und das Barometer auf 292 mm zeigte; er hatte keinerlei unangenehme Nachwirkungen zu ertragen[1]). Verhängnissvoller gestaltete sich die Auffahrt im Jahre 1875, bei der Crocé-Spinelli, Sivel und Tissandier ebenfalls die Höhe von 8000 m überschritten, mit Ausnahme von Tissandier aber das Leben einbüssten. Eigenartig construirte Barometer, die sie mitgenommen hatten, ergaben, dass sie entsprechend einem Barometerstande von 264—262 mm eine Höhe von 8540—8601 m erreicht hatten[2]). Auch hier hatten sich bei Tissandier die Symptome des Bergwehs bis zur Bewusstlosigkeit gesteigert.

Es ist begreiflich, dass schon lange versucht worden ist, eine Erklärung für dieses Bergweh zu finden, und so begegnen wir denn in der Litteratnr einer Menge der widersprechendsten Theorien, welche die Erscheinung meist von mechanischen Momenten abhängig machen. Mehr der Curiosität halber sei angeführt, dass die Eingeborenen jener hochgelegenen Gegenden das Bergweh giftigen Ausdünstungen des Bodens oder der Pflanzen zuschreiben. Zahlreich aber sind die Autoren, welche diesen ganzen Symptomencomplex von Ermüdung herleiten, ohne freilich zu bedenken, dass

[1]) Bert, l. c. p. 198 ff. — Aus: Glaisher, Flammarion, de Fonvielle, G. Tissandier, Voyages aériens. — Paris 1870.

[2]) Bert, l. c. p. 1067.

das Bergweh den Bergsteiger auch während der Ruhe und des Schlafes in jenen hohen Regionen befällt, dass Thiere wie Menschen in vollster Ruhe unter der Luftglocke darunter zu leiden haben. Lortet[1]) erklärt es durch die erhebliche Verminderung der Eigenwärme, hervorgerufen durch die Entwickelung der enormen Quantität Arbeit, die nöthig ist, um sich auf solche Höhen zu erheben. Bei seiner Besteigung des Mont Blanc fand er, dass seine Temperatur, im Munde gemessen, während des Gehens proportional der erklommenen Höhe sank, beim Ausruhen aber wieder zur Norm zurückkehrte, in der Weise, dass dieselbe auf dem Gipfel des Mont Blanc nach der Ankunft 32° betrug, bei 172 Pulsschlägen, beim Ausruhen jedoch auf 36,3 stieg. Forel und Clifford-Allbutt[2]) widerlegten ihn allerdings und wiesen nach, dass wie bei jeder heftigen Körperbewegung so auch beim Bergsteigen die Eigenwärme steigt. Nun sah man aber, dass Thiere unter der Luftglocke auch unwohl wurden, und schloss nun von da auf den verminderten Luftdruck als Erreger des Bergwehs. De Saussure und eine grosse Anzahl Anderer dachten sich den Vorgang folgendermaassen: normal lastet der Luftdruck mit einem gewissen Gewicht auf unserem Körper, das uns zerdrücken würde, wenn ihm die Spannung der Körperflüssigkeiten nicht das Gleichgewicht hielte; verringert sich nun jenes Gewicht in Folge einer Verminderung des Luft-

---

[1]) Deux ascensions au mont Blanc en 1869; Recherches physiologiques sur le mal des montagnes (Lyon medical, 1869). Bert, l. c. p. 122.

[2]) Bert, l. c. p. 300 ff.

druckes, so würden die ganzen Körperflüssigkeiten vermöge ihrer Spannung in die Peripherie stürzen, die inneren Gefässe würden erschlaffen und der Körper wie in einen ungeheuren Schröpfkopf versenkt sein. Man bedachte nur nicht das Gesetz von der Incompressibilität der Flüssigkeiten und dass unter allen Umständen der Druck auf die innere und äussere Wand der Gefässe sich das Gleichgewicht hält; man hatte sich eben durch das Gleichniss des Schröpfkopfes irre führen lassen.

Ferner hat man gemeint, mit Rücksicht darauf, dass man bei Thieren unter der Luftglocke bei vermindertem Luftdrucke die Blutgase hat entweichen sehen, diese Alteration des Blutes sei auch die Ursache des Bergwehs. Es liegt aber gar keine Analogie vor zwischen einem Thiere, das in wenigen Minuten bis zu einer tödtlichen Druckerniedrigung gebracht wird, und einem Bergsteiger, der viele Stunden braucht, um in die Höhenregionen zu gelangen, in denen das Bergweh sich zu äussern beginnt. Mehr Wahrscheinlichkeit hat schon die These von der Ausdehnung der intestinalen Gase, die ein Emporsteigen des Zwerchfells und in Folge dessen eine Retraction der Lunge bewirken. Es mag nun die verkleinerte respiratorische Fläche in der Zeiteinheit nur ein kleineres Quantum Blut als gewöhnlich zu oxydiren vermögen, jedenfalls wird dieser Ausfall durch verstärkte Action der Athemmuskeln ausgeglichen, sodass wir schwerlich damit zur Erklärung der gewaltigen Dyspnoe, der Bewusstlosigkeit und Hinfälligkeit ausreichen. Gavarret will das Bergweh auf eine Vergiftung mit CO_2 zurückführen, da durch das Steigen ein solches Uebermaass von Ver-

brennung im Körper vor sich geht, dass die Kohlensäure trotz der beschleunigten Respiration und Circulation keine Gelegenheit findet, rasch genug zu entweichen. Diese Erklärung nimmt aber ebensowenig wie die von Lortet Rücksicht auf die Druckerniedrigung, sodass am Meeresstrande dasselbe eintreten könnte, abgesehen davon, dass man nach Cl. Bernard einem Thiere enorme Mengen von CO_2 in das Venensystem bringen kann, ohne üble Zufälle zu erzeugen, vermöge der Schnelligkeit und Kraft der Lungenausscheidung.

Schon Humboldt hatte 1837 gesagt, dass in jener verdünnten Luft auf Bergeshöhen eine geringere Menge Sauerstoff bei jedem Athemzug ins Blut aufgenommen wird, als in der Ebene, woraus er zum Theil das allgemeine Schwächegefühl herleitete. Auf dieser Vorstellung fusst die Erklärung, welche den Kern der Wahrheit thatsächlich getroffen hat, und die wir Jourdanet und Bert verdanken. Jourdanet nämlich behauptete, dass in einer sauerstoffärmeren Luft, wie es die verdünnte Luft ist, die Löslichkeit des Sauerstoffs im Blute abnehme, und infolgedessen das Blut auf hohen Bergen weniger reich an Sauerstoff sei als am Meere. Diese zu geringe Sättigung der rothen Blutkörperchen mit O nannte er Anoxyhaemie und setzte sie in Parallele mit der Anaemie, der Verminderung der Zahl der rothen Blutkörperchen; er sagt[1]): „une ascension au-delà de 3000^{m} équivaut à une désoxygénation barométrique du sang, comme une saignée est

[1]) Jourdanet: la Mexique et l'Amérique tropicale: climat, hygiène et maladies. Paris 1864. p. 92.

une désoxygénation globulaire.“ Nach ihm ist also das Bergweh die Folge eines Sauerstoffhungers der Organe, die von einem zu wenig oxydirten Blute berieselt werden. Diese Hypothese fand die experimentelle Prüfung und Bestätiguug durch Bert. Derselbe setzte Hunde eine viertel bis halbe Stunde der Einwirkung eines Luftdruckes von 460—300 mm aus, und fand, dass bei dieser Luftverdünnung das arterielle Blut beträchtlich weniger reich an O war als das gegewöhnliche venöse Blut[1]), wie denn überhaupt im luftverdünnten Raum das Quantum der Blutgase fast proportional der Druckverminderung abnahm, das Blut aber relativ mehr O als CO_2 verlor[2]).

Dass wirklich durch die verminderte O-aufnahme durch die Lungen, oder was hier gleichbedeutend ist, durch die Verminderung des Luftdruckes die oxydativen Vorgänge im Körper, mithin die CO_2-ausscheidung eine Herabsetzung erleiden, beweisen folgende Zahlen. Bert brachte Ratten desselben Wurfes in geschlossene Glocken und untersuchte, nachdem sie in denselben verschieden lange Zeit unter verschiedenem Drucke verweilt hatten, die durch die Respiration veränderte Zusammensetzung der Luft; die eine Ratte hatte bei Atmosphärendruck 278 cc O verbraucht, 237 cc CO_2 gebildet, die andre Ratte hatte bei einem Druck von 200 mm 160 cc O verbraucht und 138 cc CO_2 gebildet. Dass nun aber die Verminderung des O in der eingeathmeten Luft die Ursache jener Symptome des Bergwehs war, bewies Bert schlagend da-

[1]) Bert, l. c. p. 646.
[2]) l. c. p. 653.

durch[1]), dass er im Stande war, bei einem Luftdruck von 410 mm (entsprechend der Höhe des Mont Blanc, 4810^{m}) durch Einathmen von reinem O-gas in seinem pneumatischen Apparat die Pulsfrequenz zu mässigen und das Unwohlsein zu beseitigen; in einem analogen Versuche, in dem er 40 Minuten einen Luftdruck unter 400 mm ertrug und sogar bis zu 248 mm (entsprechend der Höhe von 8840^{m}) sank, hatte der mitgenommene Sperling ausserordentlich zu leiden, während Bert sein Unwohlsein durch Athmen von reinem O-gas beseitigte. Auch die Erfahrungen von Sivel und Tissandier haben gezeigt, dass sie durch diese Vorkehrung weit eher die Strapazen ihrer Luftreisen zu ertragen im Stande waren.

Man kann nicht umhin, Angesichts dieser von Bert constatirten, erheblichen Alteration des Gaswechsels bei Thieren, die sich unter vermindertem Atmosphärendruck befinden, den Stoffwechsel der Eiweisskörper unberücksichtigt zu lassen, der ja in so innigem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel der Blutgase steht. Bert hat zu dem Zwecke sieben Versuche ausgeführt[2]), in denen er Hunde 6 — 8 Stunden einem Luftdrucke von 400 — 300 mm aussetzte, nachdem sie vorher einige Tage gleichmässige Nahrung bekommen hatten. Er untersuchte den Harnstoffgehalt ihres Harnes vor und nach dem Versuche, und fand in 5 Fällen eine Herabsetzung der U-ausscheidung, die aber nicht proportional der Druckerniedrigung war, in einem Falle 50 pCt. betrug, obwohl in den anderen Fällen bei

[1]) l. c. p. 750 ff.

[2]) l. c. p. 729.

stärkerer Erniedrigung die Abnahme nicht so erheblich war. In einem Falle erfolgte die Verminderung der U-ausscheidung erst am zweiten Tage, in einem Falle endlich trat eine Vermehrung über die Hälfte allerdings erst am zweiten Tage ein, während am Versuchstage Verminderung stattgefunden hatte. Bei allen diesen Versuchen fehlte aber die für Stoffwechseluntersuchungen so eminent wichtige Voraussetzung des Stickstoffgleichgewichts bei den Versuchsthieren. Wohl wurden dieselben einige Tage vorher mit gleichmässiger Nahrung gefüttert, doch war der N-gehalt derselben nicht bekannt, wie denn überhaupt abgewogene Mengen gekochten Fleisches verabfolgt wurden, was nie von constanter Zusammensetzung ist. Diese Versuche, die Bert selbst als noch gründlicher Prüfung bedürftig erkannt hatte, wurden von A. Fränkel[1]) wieder aufgenommen. Ein grosser Hund, der nach tagelangem Füttern mit einer durchaus constanten Nahrung schliesslich fast gleiche Menge N in Harn und Koth ausschied, wurde 6 Tage lang der comprimirten Luft ausgesetzt, befand sich dann 4 Tage lang unter normalen Verhältnissen, um dann 9 Tage hindurch mit einem dazwischen fallenden freien Tage je 5 Stunden lang der Wirkung einer verdünnten Luft von ca. 380 mm ausgesetzt zu werden. Es erfolgte eine Vermehrung der N-ausscheidung um 2 gr gegen die N-ausscheidung der vorhergehenden Tage, die sich indess bald nicht mehr erkenntlich machte, augenscheinlich in Folge der

[1]) Zeitschrift für klinische Medicin. Bd. II, Hft. 1. Ueber den Einfluss der verdichteten und verdünnten Luft auf den Stoffwechsel.

Gewöhnung des Thieres an den Aufenthalt in verdünnter Luft. Fränkel fand in diesem Ergebniss eine prägnante Bestätigung früherer Versuche, die er über den Einfluss verminderter Sauerstoffzufuhr auf den Eiweisszerfall im Thierkörper angestellt hatte[1]). Gewisse Vergiftungen, wie die mit Phosphor, mit arseniger Säure, ferner acute Blutverluste bewirkten als Folge eines Mehrzerfalls von Körpersubstanz eine Steigerung der U- resp. N-ausscheidung. Eine gleiche Steigerung fand Fränkel bei Thieren, die mit Kohlenoxydgas vergiftet waren, oder denen ein respiratorisches Hinderniss in der Trachea angebracht war. Ausgehend von der von Bauer constatirten Thatsache, dass in Folge der Phosphorvergiftung wie auch acuter Blutverluste, oder was hier gleichbedeutend ist, in Folge des Untergangs zahlreicher rother Blutkörperchen O-aufnahme und CO_2-abgabe eine beträchtliche Verminderung erleiden, gelang es Fränkel nachzuweisen, dass bei der Kohlenoxydvergiftung und bei jenen respiratorischen Hindernissen in letzter und wichtigster Instanz es der Einfluss der verminderten O-zufuhr ist, der den Mehrzerfall des Eiweiss in der Körpersubstanz und die Vermehruug der U-, resp. N-ausscheidung erzeugt. Es lag nun nahe, die Bedingung der verhinderten O-zufuhr zu den Geweben, wie sie uns der Aufenthalt eines Thieres in verdünnter Luft bietet, zu Gunsten jener Theorie von der Aeusserung der beschränkten O-zufuhr zu den Geweben in dem vermehrten Zerfall derselben dienstbar zu machen; wie

[1]) Virchow's Archiv für pathol. Anat. Bd. 67. Ueber den Einfluss der verminderten Sauerstoffzufuhr zu den Geweben auf den Eiweisszerfall im Thierkörper.

bereits oben erwähnt, ist Fränkel dieser Frage näher getreten, ohne dieselbe damals endgültig zum Abschluss zu bringen.

Es entstand daher die dankbare Aufgabe, diese Untersuchungen wieder aufzunehmen um so mehr, als einmal dem Einfluss der verdünnten Luft in therapeutischer und klimatologischer Hinsicht heutzutage immer lebhaftere Aufmerksamkeit geschenkt wird, andererseits aber unsere Kenntniss von dem Stoffwechsel des Organismus insbesondere unter pathologischen Verhältnissen noch lange nicht so geklärt ist, wie sie es z. B. zur richtigen Würdigung der veränderten Oxydationsverhältnisse im fiebernden Körper sein müsste. Denn gerade in letzterer Hinsicht musste man mit ganz besonderem Interesse den Einfluss verminderter O-zufuhr studiren, als nach den neuesten Untersuchungen vielleicht selbst die vermehrte Harnstoffausscheidung im Fieber von der Beschränkung der O-zufuhr zu den Geweben herrührt, welche wiederum von der energischen Contraction der kleinen Arterien und dem zahlreichen Untergang rother Blutkörperchen in Folge der erhöhten Körpertemperatur hervorgerufen wird.

Es bot sich nun in den von Bert benutzten und genauer beschriebenen Versuchsmethoden ein einfacher und sicherer Weg, um die Luft beliebig verdünnen zu können, eine Art der Sauerstoffentziehung, die jedenfalls viele Vortheile vor den Vergiftungen und Tracheotomien hat. Man konnte mit grosser Langsamkeit und Gleichmässigkeit operiren, hatte es ganz in der Gewalt, die Wirkung des O-mangels zu verstärken, zu vermindern; man konnte das Thier sofort wieder unter

normale äussere Verhältnisse bringen, die ihm erlaubten, sich von den Folgen des Eingriffes zu erholen; man hatte schliesslich diese Folgen auch zum Theil in der Gewalt, sobald man gewisse durch Erfahrung gewonnene Grenzen der O-beschränkung innehielt, wobei dann die Nachwirkung nie eine so weitgehende und eingreifende sein konnte, wie sie es bei den Vergiftungen unfehlbar war. Da es nicht in der Absicht dieser Versuche lag, den Raum, in dem die Thiere sich befanden, bis zur Luftleere zu verdünnen, andrerseits aber an geringe Druckerniedrigungen, etwa bis zu 300 mm zu schnell ausgiebige Gewöhnung eintrat, so war man von vornherein darauf angewiesen, nur von Druckerniedrigungen, die $^1/_3$ — $^1/_5$ einer Atmosphäre betrugen, Erfolge zu erwarten, und durch dahin lautende Versuche belehrt von vornherein aufzugeben, mit jenen geringeren Graden von Luftverdünnung etwa erhebliche Einwirkung auf das Thier erzielen zu wollen. Bei jenen höheren Graden von Luftverdünnung aber, bei denen die Sauerstoffeinfuhr proportional sinkt und der Sauerstoffhunger so lebhaft steigt, war es für die Erhaltung des Lebens von grösster Wichtigkeit, die Ventilation der Glocke, unter der sich die Thiere befanden, auf das genaueste zu regeln. Man musste die in die evacuirte Glocke strömenden Luftmengen sicher und schnell abstufen, bald vermindern, bald vergrössern können, man musste in jedem Augenblicke über die Ventilationsgrösse, d. h. über die Zeit in welcher bei dem bestehenden Drucke die Glockenluft erneuert wurde, informirt sein, man musste wissen, wieviel Luft dem Thiere in der Zeiteinheit zugeführt wurde. Zu diesem Zwecke musste

der von Bert[1]) beschriebene und zu seinen Luftverdünnungen angewandte Apparat mannigfachen, wesentlich vereinfachenden Modificationen unterworfen werden.

Als Recipient diente mir eine hinreichend geräumige Glocke von 6 Liter Inhalt, die luftdicht auf einem starken Glasteller angekittet wurde; oben verschloss sie ein mit vulcanisirtem Kautschuk überzogener Pfropfen, durch den 3 Glasröhren gingen. Die erste stand vermittelst einer Wolff'schen Flasche mit einem Wassertrommelgebläse in Verbindung welches einen Liter Luft in 7″ durch die Glocke zog, mithin die ganze Glockenluft bei Atmosphärendruck in 42″ erneuerte. Die zweite Röhre führte zu einem zweischenkligen Quecksilbermanometer; innerhalb der Glocke bog sie zweimal rechtwinklig um; an dem horizontalen Theile war ein Thermometer befestigt. Die dritte Röhre endlich, welche durch einen starken Schlauch bis zum Boden der Glocke reichte war mit dem Präcisionshahn einer kleinen Gasuhr verbunden, welche das ventilirende Luftquantum in Cubikcentimetern und Litern anzeigte; der Präcisionshahn erlaubte die Quantität der von dem Gebläse durch Glocke und Gasuhr gezogenen Luft mit grosser Leichtigkeit und Genauigkeit zu vermehren resp. zu vermindern. Alle Verbindungen waren durch sehr starke Gummischläuche durchaus luftdicht hergestellt. Mit diesem Apparate konnte man die erforderlichen Grade der Luftverdünnung schnell und sicher, aber auch mit grösster Langsamkeit und Gleichmässigkeit herstellen, und sah stets an dem Zeiger der Uhr die dem Thiere zugeführten Luftmenge, erkannte sofort die geringste

[1]) l. c. p. 529.

Schwankung; bisweilen wurde durch Unregelmässigkeit im Gebläse die Ventilation mehr herabgesetzt, als sie der durch Erfahrung gewonnenen, dem herrschenden Luftdruck entsprechenden Grösse nach durfte; bei den hohen Depressionen aber, unter denen sich das Thier meist befand, genügte eine minimale Sauerstoffbeschränkung, um den Tod herbeizuführen. Gemeinhin war es indess möglich sowohl den Luftdruck als die Ventilationsgrösse in der Glocke 5—6 Stunden constant zu erhalten.

Die Versuche wurden an ausgewachsenen Tauben angestellt. Diese Thiergattung wurde darum gewählt, weil es bei ihnen recht leicht gelingt, durch Erbsennahrung ein Stickstoffgleichgewicht zu erzeugen, und weil man durch die Art der Nahrung sehr genau das Quantum der N-einfuhr controliren kann, ausserdem aber die Beschaffenheit der Ausleerungen die Bestimmung der N-ausfuhr wesentlich erleichtert. Voit[1]) hat damals an einer Taube seine Lehre vom N-gleichgewicht in reinster Weise zum endgültigen Abschluss bringen können.

Es galt nun zuerst die Grenzen der Druckerniedrigung festzustellen, bei der die Taube, sei es augenblicklich, sei es nach kurzer Zeit starb, um von diesem Werthe aus die höchstmögliche Druckerniedrigung zu finden, bei der es gelang, das Thier am Leben zu erhalten, ohne dass dabei die regelmässige Nahrungseinfuhr eine Unterbrechung zu erleiden brauchte. Ich sah natürlich von vornherein ab, mit schneller Erniedrigung des Luftdruckes zu operiren, da hier schon bei viel ge-

[1]) Zeitschrift für Biologie. Bd. II. 1866. Voit, Untersuchungen über die Ausscheidungswege der N haltigen Zersetzungsproducte aus dem thier. Organismus.

ringeren Graden der Luftverdünnung der Tod einzutreten pflegt, und das die starke Druckerniedrigung wesentlich erleichternde und ermöglichende Moment der Gewöhnung des Thieres ganz fortfällt.

Aus den zu diesem Zwecke ausgeführten Vorversuchen sei folgender herausgegriffen[1]):

I.

Zeit.	Luftdruck in der Glocke.	Ventilationsgrösse.	Luftzufuhr in 1 Min.	Bemerkungen.
9^h 45′		Beginn.		
10^h .	390 mm	59″	2140 cc	
10^h 15′	310	1′ 24″	2000	Taube wird unruhig. Legt sich hin. Resp. tief und langsam. Mitunter bei Bewegungen Dyspnoe.
10^h 25′	255	1′ 47″	1500	Grosse Unruhe. Läuft umher. Legt sich dann wieder. Sehr lebhafte, flache Respiration.
10^h 30′	210	2′ 56″	1000	Lehnt sich an die Wand. Dyspnoe.
11^h 30′	185	3′ 30″	910	Dyspnoe. Resp. = 160.
11^h 50′	180	3′ 40″	820	Resp. = 90. Athmung tief, stossend, mit geöffnetem Schnabel. Die Augen sind geschlossen. Thier steht mit zur Erde geneigtem Kopfe.
1^h 45′	160	3′ 55″	820	Stemmt Kopf und Brust gegen die Wand. In der Gegend des Kopfes sammelt sich an der Glockenwand viel Wasser.
6^h	160	4′ 5″	780	

Abschluss des Versuchs um 6^h. Das Thier steht noch genau so da wie oben. Es ist völlig somnolent. Die Athmung ist ganz

[1]) In Versuch I und II wurde eine Glocke von 4 Liter Inhalt benutzt.

oberflächlich, von geringer Frequenz. Der Schnabel ist geschlossen. Um 6^h wird der Luftdruck durch Oeffnen des Präcisionshahns erhöht, sodass er in 15′ in der Glocke 430 mm beträgt. Während dessen öffnet das Thier den Schnabel, die Athemzüge werden tiefer; sonst bleibt es regungslos. Als aber nun der Druck in der Glocke 430 mm betrug, sprang es plötzlich auf, öffnete die Augen und schien ganz normal. Der Atmosphärendruck wurde alsdann bald erreicht. Beim Herausnehmen aus der Glocke schwankt es bedeutend. Nach Kurzem wird es ganz lebhaft und schien ganz normal zu sein. Es soff mit grosser Begierde Wasser.

II.

Dieselbe Taube wie in Versuch I, am folgenden Tage. Das Thier erscheint ganz munter.

Zeit.	Luftdruck in der Glocke.	Ventilationsgrösse.	Luftzufuhr in 1 Min.	Bemerkungen.
10^h	Beginn.			Die Taube bleibt bis zu 300 mm ganz ruhig; wird aber dann sehr unruhig, liegt viel, bekommt mehrfach Convulsionen.
$10^h\,50'$	190mm	3′ 2″	1000cc	Dyspnoe, heftiges und stossweises Athmen.
$1^h\,15'$	140	6′ 37″	500	Starke Dyspnoe. Frequenz = 75.
$4^h\,15'$	do.	do.	do.	Das Thier ist gänzlich somnolent. Resp. ganz oberflächl., langsam.
5^h	do.	do.	do.	Die Taube wird todt gefunden, den Kopf gegen die Wand gelehnt, mit offnem Schnabel.

Auffallend war es, dass alle Thiere, die eine gewisse Zeit in der verdünnten Luft gewesen waren, sich ganz kalt anfühlten; es wurden von nun an Temperaturmessungen in der Cloake der Tauben vorgenommen, die einen Temperaturabfall von durchschnittlich 3,5°C. ergaben.

Bei den meisten Thieren gelangte die Temperatur

erst am 2. bis 3. Tage wieder zur ursprünglichen Höhe, indess war immer schon am Nachmittage des Versuchstages eine beträchtliche Steigerung zu erkennen.

Wir wissen nun nach den Untersuchungen Veltens[1]), dass Verminderung der Körpertemperatur die O-aufnahme und CO_2-abgabe beträchtlich herabsetzt, ohne dass es festgestellt ist, wie diese Verringerung der Oxydationsvorgänge auf den Stoffwechsel der Eiweisssubstanzen wirkt. Wollte man diese Veränderung der Oxydationsverhältnisse von demselben Gesichtspunkte auffassen wie die oben mitgetheilten Versuche von Bauer und Fränkel, so wäre von diesem Symptom des Temperaturabfalls auch dieselbe Einwirkung auf den Stoffwechsel zu erwarten gewesen. Man hätte dann schliesslich nebeneinander zwei Factoren gehabt, die verdünnte Luft und die subnormale Körpertemperatur, welche in gleicher Weise die Oxydationsvorgänge und den Stoffwechsel beeinflussen und somit das Endergebniss wesentlich verstärken, ohne dass dabei die augenblicklich allein aufgeworfene Frage von dem Einfluss der verdünnten Luft rein zu entscheiden gewesen wäre. Dass es möglich sein sollte, dieses störende Symptom ganz zu beseitigen, stand nicht zu erwarten, da die durch die Druckerniedrigung so sehr herabgesetzte Sauerstoffzufuhr und -aufnahme die hauptsächlichste Ursache davon war; man musste sich eben auf den Versuch beschränken, die Wärmeabgabe des Thieres durch äussere Erwärmung der Glocke möglichst zu vermindern.

[1]) Archiv für d. ges. Physiologie. Bd. XXI, S. 361. Velten, über Oxydation im Warmblüter bei subnormalen Temperaturen.

Auf diesem Wege aber war das gewünschte Resultat nicht zu erreichen, da alle Thiere, unzweifelhaft in Folge der Erwärmung, abnorme Zufälle aufwiesen. Sie geriethen stets in eine Dyspnoe, die einmal in gar keinem Verhältniss zu der Druckerniedrigung stand und dann unausgesetzt anhielt, obwohl sonst mit der Gewöhnung an die Depression dieselbe aufzuhören pflegte. Die Thiere verfielen in heftigstes Zittern, ja in Convulsionen, obwohl die Temperatur nie 32° überstieg. Diese offenbaren Zeichen von Wärmedyspnoe durften um so weniger die Weiterführung dieser Versuchsmethoden gestatten, als die Temperatur der Thiere entweder zu sehr über die Norm stieg, oder aber in der alten Weise in sehr beträchtlichem Maasse fiel.

Diese Erniedrigung der Körpertemperatur ist auch schon von Bert beobachtet und im vollen Umfange gewürdigt worden.

Zieht man die heftige Dyspnoe der Thiere in Erwägung, so könnte man ähnlich wie Lortet auf den Gedanken verfallen, dass dieser Wärmeverlust zu Gunsten der so gesteigerten Muskelarbeit eingetreten ist.

Trotzdem bleibt die Verminderung der Oxydationsvorgänge die einzig stichhaltige Erklärung, da diese Dyspnoe im Verhältniss zu der Dauer des ganzen Versuches nur einen Bruchtheil der Zeit einnimmt. Jedenfalls aber nehmen die Respirationsstörungen einen hervorragenden Platz in der Reihe der Druckerniedrigungssymptome ein. In den bereits mitgetheilten, wie in den noch folgenden Versuchen sehen wir als erstes Zeichen der beginnenden Wirkung der Luftverdünnung

eine Zunahme der Frequenz der Athemzüge, die mit sinkendem Druck immer heftiger und oberflächlicher werden, bis sie einer sehr langsamen, tiefen, stossweisen Athmung Platz machen, bei der alle Hülfsmuskeln herangezogen werden, der Thorax durch Anstemmen des Kopfes, des Rumpfes, durch Spreizen der Beine entlastet wird und der geöffnete Schnabel grössere Luftquantitäten einzusaugen sucht. Schliesslich, wenn mit steigender CO_2-anhäufung die Somnolenz naht, wird die Athmung so oberflächlich und langsam, dass es schärfster Aufmerksamkeit bedarf, um an dem regungslos, mit geschlossenen Augen daliegenden Thiere noch Leben zu erkennen. Die geringste Muskelbewegung pflegt dann sofort, durch das Plus von O-bedarf, das sie bewirkt, heftige Dyspnoe herbeizuführen, die namentlich durch Brechbewegungen auf das äusserste gesteigert wird.

Hat schliesslich der soporöse Zustand das Thier gänzlich überwältigt, so hört jede Bewegung auf; derselbe pflegt auch noch anzudauern, wenn der Druck bereits wieder zu steigen beginnt, ja in einigen Fällen, wo er lange gedauert hatte, bestand er noch einige Zeit im Käfig fort. Jedenfalls vermochte sich das Thier, wenn es aus der Glocke kam, nie recht aufrecht zu erhalten; es schwankte von einer Seite zur anderen. War beim Wiederansteigen des Luftdruckes derselbe ungefähr bis zu dem einer halben Atmosphäre gelangt, so wurde das Thier, obwohl es die Augen geschlossen hielt und sich noch in Somnolenz zu befinden schien, plötzlich sehr unruhig und reckte angstvoll den Schnabel, weit aufgesperrt, nach der Richtung hin, von der die

Luft einströmte. Dadurch gerieth es wieder in beträchtliche Dyspnoe, die noch einige Zeit im Käfig andauerte.

Von Seiten des Circulationsapparates konnte nichts besonderes bemerkt werden: Haemorrhagien wurden nie gesehen. Dagegen zeichnete sich das Blut der in der Glocke zu Grunde gegangenen Thiere durch auffallende Schwärze aus. Die Taube verdunstete in der Glocke bei niedrigem Drucke viel Wasser, das sich in der Gegend des Kopfes an der Glockenwand zu kleinen und grossen Tropfen sammelte; in Folge dessen verloren die Thiere mitunter recht bedeutend an Gewicht und soffen, in den Käfig zurückgekehrt, mit grosser Begierde Wasser.

Wenn der Druck ungefähr bis 260 mm sank, so stellten sich Brech- und Würgbewegungen ein, bei denen sehr oft theils verdautes, theils noch unverdautes Futter ausgeworfen wurde.

Recht eigenthümlich waren die Veränderungen, welche die Faeces in der Glocke, wenn die Tauben sich einige Zeit in stark verdünnter Luft befunden hatten, erlitten, und die ausserhalb derselben noch einige Zeit anhielten. Normal bestehen die Faeces aus dem dunkelgrünen, ziemlich consistenten Koth und dem darauf sitzenden, aus $\overline{U}$ bestehenden, weissen Harn. In der Glocke wurden nun grosse Massen einer farblosen, gallertigen, dem Hühnereiweiss ganz gleichenden Flüssigkeit entleert, in der weisse Massen, theils flockig, theils zu grösseren Ballen vereint, schwammen, welche ganz dem normalen $\overline{U}$ glichen; es war offenbar sehr flüssiger Harn. Diese Veränderung des Harnes blieb

noch meist 2—3 Tage nach dem Versuche bestehen, während der Koth sehr gering an Masse wurde, und ganz schwarz, oft sogar blutig aussah.

Diejenigen Thiere, die in der Glocke zu Grunde gingen, zeigten alle ein ausgeprägtes Lungenoedem; das rechte Herz erhielt stets grosse Mengen tiefschwarzen Blutes.

Eigenthümlich war das, auch schon von Bert[1]) beobachtete schnelle Eintreten der Todtenstarre, oft 20′—30′ nach dem Tode, während sie normal ca. 1^{h} nach demselben eintritt.

Sehr wesentlich für das Ertragen jener starken Depressionen ist der Umstand, dass die Tauben sich schnell an dieselben gewöhnen; dies gilt nicht nur für die in einem und demselben Versuche erreichten Depressionen, sondern es war offenbar, dass Thiere am folgenden Tage noch weit stärkere Verdünnungen ertragen konnten, bei denen frische Thiere unfehlbar sofort zu Grunde gingen. Im Versuch II z. B. war es möglich, die Taube, welche am Tage vorher 4^{h} in einer Luftverdünnung = 160 mm verweilt hatte, mehr als 3^{h} in einer Verdünnung = 140 mm zu erhalten, eine Atmosphäre, in der die Sauerstoffspannung = 3,85 % der gewöhnlichen Luft beträgt[2]), während sie normal 20,96 % beträgt.

Diese Ziffer befindet sich nun schon innerhalb der Grenzen, in denen der Tod einzutreten pflegt und thatsächlich auch hier eingetreten ist, die von Bert[3]),

[1]) l. c. p. 739.
[2]) Bert, l. c. p. 550.
[3]) l. c. p. 51.

wenigstens für Sperlinge, zwischen 3 und 4 % der Sauerstoffspannung festgesetzt und von Stroganow[1]) für Hunde bestätigt worden sind; letzterer fand, dass die Athembewegungen aufhörten, wenn der O-gehalt in der eingeathmeten Luft bis 3,542 % gesunken war. Dass es mir gelang, bei solch' tiefen Depressionen ein Thier längere Zeit am Leben zu erhalten, schreibe ich vornehmlich der Langsamkeit zu, mit der ich diese Verdünnungsgrade zu erreichen suchte. Bert[2]) z. B. giebt als Todesgrenze für seine Sperlinge eine Depression von 180—170 mm an, zeigt aber, dass bei genügender Langsamkeit man bei Sperlingen noch 100 mm erreichen kann; er hat in den meisten seiner Versuche zu rasch operirt, um zu solch' niedrigen Grenzen gelangen zu können. Die Langsamkeit der Druckerniedrigung steigerte sich natürlich, je tiefer dieselbe sank, während es gleichgiltig blieb, in schnellem Zeitmaass eine Verdünnung = 360 mm herbeizuführen; bei den höheren Depressionsgraden war es nur gestattet, von 5 zu 5 mm zu verdünnen. Die Steigerung des Luftdruckes zur Norm, die gewöhnlich in 15—20 Minuten erfolgte, konnte mit beliebiger Schnelligkeit ausgeführt werden, ohne merkliche Einwirkung auf das Thier; so blieb eine Taube bei einer plötzlichen Drucksteigerung von 160 mm auf 760 mm ganz ungefährdet (s. Vers. V).

Aus den oben angeführten und den anderen hier

---

[1]) Archiv f. d. ges. Physiologie. Bd. XII, S. 31. Stroganow, Beiträge zur Kenntniss des Oxydationsprocesses im normalen und Erstickungsblute.

[2]) l. c. p. 735.

nicht mitgetheilten Versuchen ergab sich nun, dass das Leben der Taube bedroht und schliesslich vernichtet wird, wenn die bei langsamer Druckerniedrigung erreichte Luftverdünnung 160 mm überschreitet, eine Atmosphäre, in der die Sauerstoffspannung = 4,4 % der gewöhnlichen Luft beträgt. Es war aber noch die Frage zu erledigen, bis zu welchen Grenzen der Luftverdünnung selbst und der Aufenthaltsdauer in derselben man gehen konnte, ohne die Functionen des Thieres in einer Weise zu beeinträchtigen, dass die Fortsetzung der gleichmässigen Nahrungseinfuhr unmöglich wurde. Es war dies aber äusserst schwer, oder besser gesagt gar nicht zu entscheiden, da hier allein die Individualität der Thiere ausschlaggebend war, und dies in einem Maasse, dass Thiere, die denselben Luftverdünnungsgraden, derselben Aufenthaltsdauer darin wie andere ausgesetzt waren, so heftige Ernährungsstörungen bekamen, dass sie die Nahrung gänzlich verweigerten, während es bei anderen Thieren unschwer gelang, die Gleichmässigkeit der N-einfuhr aufrecht zu erhalten. Der folgende Versuch (III), der übrigens als Muster für alle diese missglückten Versuche gelten kann, ist geeignet, in dem Sectionsbericht einigen Aufschluss über die Ursache dieser Schwierigkeiten zu geben.

III.

Taube von 300 gr Körpergewicht; Temperatur = 41,9°. Beginn des Versuches $8^h\,40'$; $9^h\,25'$ Luftdruck in der Glocke 210 mm; $12^h\,30'$ = 160 mm; Ventilationsgrösse = 6′ 40″; Luftzufuhr in 1 Min. = 705 cc. Bei 210 mm bricht das Thier oft und hat heftigste Dyspnoe. Bei 160 mm ist das Thier ganz

somnolent, die Athmung ist langsam und ganz oberflächlich. Nach $2^1/_4$ stündigem Verweilen bei 160 mm wird der Hahn geöffnet. Das Thier bleibt nach dem Herausnehmen noch eine halbe Stunde somnolent, wobei es lebhaft schwankt; als es munter wird, bricht es mehrmals. — Gewichtsabnahme = 18 gr; Temperaturabnahme = 4,4°. Die Temperatur steigt des Abends auf 39°, am nächsten Morgen auf 39,7°, am folgenden Morgen auf 40,5°. Das Thier, das vorher freiwillig die vorgesetzte Menge Erbsen gefressen hatte, frisst nicht. Es wird ihm am anderen Morgen seine Portion eingestopft, die es bald nachher zum Theil wieder ausbricht. Seitdem frisst und trinkt es nicht. Die Faeces verändern sich in der oben beschriebenen Weise. Der Koth wird ganz blutig, schliesslich wird nur Harn gelassen. Das Thier wird am Morgen des 4. Tages todt im Käfig gefunden. — Section: Kropf ganz prall gefüllt mit aufgequollenen Erbsen Starkes Lungenoedem. Cruor im rechten Herzen reichlich, tiefschwarz. Magen- und Darmschleimhaut sehr stark injicirt, im Zustand extremer Schwellung; das Darmlumen ausgefüllt mit massenhaftem Schleim und abgestossenen Epithelien. — Todesursache vermuthlich Erstickung durch Druck des stark angefüllten Kropfes auf die Trachea.

Seitdem Voit[1]) überzeugend nachgewiesen hat, dass das von Boussingault bei Tauben gefundene Stickstoffdeficit von 35 pCt. die Folge mangelhaften Aufsammelns der Faeces war, dass mithin keineswegs ein Drittel des N bei Tauben durch Haut und Lungen austritt, wie Ludwig meinte, ist bei allen Stoffwechseluntersuchungen ein Hauptwerth auf das genaue Sammeln der Excremente gelegt worden. Zu dem Zwecke setzte ich die Versuchstaube im Käfig auf einen Boden, der aus parallelen, dünnen Eisenstäben gebildet war, die so weit auseinander lagen, dass die Faeces glatt auf den in hinreichender Entfernung darunter befindlichen Glasboden fallen konnten; es liess sich freilich

[1]) l. c. p. 72.

dabei nicht vermeiden, dass öfters ganz kleine Mengen der Faeces an den Stäben kleben blieben, aber dies konnte stets so abgekratzt werden, dass die Vollständigkeit der Aufsammlung dadurch keineswegs Abbruch erlitt. Für den Aufenthalt in der Glocke, bei dem die Thiere vornehmlich flüssigen Harn liessen, wurde ein besonderer Zwangskäfig construirt. Dieser bestand aus zwei kleineren und einem mittleren grösseren Blechreifen, mit Vorrichtung zum Auseinanderklappen, die mittelst Blechstreifen untereinander verbunden, durch einen unter dem mittleren Reifen angebrachten Stab auf einen massiven Fuss aufgeschraubt waren. Die auswattirten Reifen umschlossen das Thier so, dass es ruhig sitzen bleiben musste, ohne es im Geringsten in der Athmung zu hindern. Unter dem Steiss befand sich, an demselben Fuss befestigt, ein grösseres Blechgefäss, in dem die Faeces ganz vollständig aufgesammelt werden konnten.

Die 3 Versuchsthiere der Versuche IV — X erhielten ihre Nahrung, 25 gr Tischerbsen, resp. 20 gr ausgehülste Erbsen eingestopft, da sie besonders nach den Versuchen zu unregelmässig frassen, und es wegen der Wägungen und der Aufsammlung der Faeces wichtig war, dass die Thiere möglichst zu gleicher Stunde gefüttert wurden. Es geschah dies Nachmittags, sodass sie mindestens 15 Stunden vor dem Versuch das Futter erhielten; auf diese Weise wurde das Erbrechen während des Versuchs ziemlich vollständig verhütet. Wurde dennoch etwas Nahrung ausgebrochen, so erhielten sie diese natürlich wieder eingestopft; geringe Verluste waren allerdings dabei unvermeidlich. Wasser erhielten

sie ad libitum vorgesetzt und soffen davon durchschnittlich 30 cc; nach den Versuchen wurde aber stets bedeutend mehr verbraucht. Es folgen hier nun zunächst die Protocolle der Versuche, in denen ich die 3 Thiere, an welchen die Stoffwechseluntersuchungen angestellt wurden, dem Einfluss der verdünnten Luft aussetzte.

IV.

Braune Taube. Versuch am 8. Juni. Temperatur des Thieres 41,8°, der Glocke 19°. Beginn des Versuches 9^h 40′; langsames Sinken des Luftdruckes; 11^h 5′ Luftdruck in der Glocke 200 mm. Ventilationsgrösse 6′ 7″; Luftzufuhr in 1′ = 750 cc. Constanter Druck und Luftzutritt bis 2^h 5′; hier langsames Oeffnen des Hahnes; 2^h 20′ Athmosphärendruck in der Glocke. — Das Thier war im allgemeinen ruhig. Kein Erbrechen. Ziemliche Somnolenz. Temperaturabnahme um 4,5° bis zu 37,3°. Gewichtsabnahme 9 gr. Temperatur am folgenden Morgen = 41,3°.

V.

Gleiches Thier wie in IV. Versuch am 12. Juni. Temp. des Thieres 41,6°, der Glocke 15°. Beginn des Versuches 11^h 15′; um 11^h 50′ Luftdruck in der Glocke 205 mm. Das Thier ist ziemlich ruhig; einmal erfolgt Brechbewegung; es athmet mit leicht geöffnetem Schnabel. Der Druck sinkt langsam, bis um 1^h 15′ er 160 mm erreicht. Um 1^h 25′ musste wegen Sprengung der Wolffschen Flasche der Versuch aufgegeben werden. Das Thier schwankte etwas beim Herausnehmen, verträgt aber die plötzliche grosse Drucksteigerung von 160 mm auf 760 mm ohne irgend eine Reaction. Das Thier erhielt in den 1^h 35′ dauernden Aufenthalt bei 205—160 mm in 1′ 684 cc Luft. Temperaturabnahme 5,6° bis 36°. Gewichtsabnahme 8 gr.

VI.

Gleiches Thier wie in IV und V. Versuch am 13. Juni Temp. des Thieres 41,2°, der Glocke 15°. Beginn um 9^h 20′; bei 460 mm Erbrechen; 9^h 45′ Luftdruck = 220 mm; 9^h 55′ Luftdr. = 200 mm; 11^h 10′ Luftdr. = 160 mm; Ventilationsgrösse 7′ 42″; Luftzufuhr in 1′ = 700 cc. Constanter Druck

und Luftzutritt bis 12^h 35′; hier wird der Hahn geöffnet. Temp. der Glocke am Schluss des Versuches 17° C.

Das Thier zeigte mit Ausnahme dessen, dass es schon bei 460 mm brach, nichts Bemerkenswerthes. Die Dyspnoe bei den Druckerniedrigungen verschwand immer bald. Somnolenz nicht sehr hervortretend. Temp. fiel um 5,6° bis 35,6°. Das Körpergewicht nahm ab um 19 gr. Die Temp. ist am nächsten Morgen 40,9°, am dritten Morgen 41,4°.

VII.

Weisse Taube. Versuch am 2. VI. — Temp. des Thieres 41,6°, der Glocke $21\frac{1}{2}$°. Beginn 7^h 45′; um 8^h 45′ Luftdruck 205 mm; Ventilationsgrösse 5′ 24″; Luftzutritt in 1′ = 800 cc. Constante Verhältnisse bis 11^h 15′; hier wird der Hahn geöffnet. — Das Thier im Ganzen sehr ruhig, öfters Erbrechen, geringe Dyspnoe. Starke Somnolenz. Es frisst gleich nach dem Betreten des Käfigs. — Temperaturabnahme um 2,6° bis 39°. Gewichtsabnahme 14 gr. Die Temperatur am nächsten Morgen = 41,6°.

VIII.

Gleiches Thier wie in VII. Versuch am 4. VI. — Temp. d. Thieres 41,7°. Temp. der Glocke $22\frac{1}{2}$°. Beginn 8^h 50′; um 9^h 35′ Luftdruck = 200 mm; Ventilationsgrösse = 7′ 14″; Luftzutritt in 1′ = 620 cc. Nach $3\frac{1}{2}$ Stunden um 1^h 5′ constanter Druck und Luftzutritt; hier wird der Hahn geöffnet. Kein Erbrechen; wenig Dyspnoe; grosse Somnolenz. Das Thier ist noch längere Zeit nach dem Herausnehmen sehr hinfällig. Temperaturabnahme um 2,0° bis 39,7°. Gewichtsabnahme = 10 gr. Die Temp. ist am nächsten Morgen 41,4°, am dritten Morgen 41,6°.

IX.

Gleiches Thier wie in VII und VIII. Versuch am 18. VI. — Temp. des Thieres 42,1°. Temp. der Glocke 17,5°. Beginn 7^h 45′; um 8^h 10′ Luftdruck 200 mm; 10^h 15′ Lftdr. = 195 mm; 11^h 15′ Lftdr. = 180 mm; Ventilationsgrösse 6′ 20″; Luftzutritt in 1′ = 720 cc. — Constanter Druck und Luftzutritt bis 1^h 30′; hier wird der Hahn geöffnet; Glockentemp. = 19°. Das Thier verträgt die Depression bis 220 mm gut. Bei 210 mm treten Brechbewegungen und Dyspnoe auf. Es verfällt bald in tiefes

Coma. Beim Wiederansteigen des Drucks bekommt es heftige Dyspnoe, die noch im Käfig fortdauert. Temperaturabnahme um 2,1° bis 40°. Gewichtsabnahme 10 gr. Die Temp. ist am nächsten Morgen 42,2°.

X.

Graue Taube. Versuch am 9. 8. — Temp. der Taube 41,9°, Temp. der Glocke 22,5°. Beginn 9^h 35′; um 11^h 10′ Luftdruck 205 mm; um 11^h 35′ Lftdr. = 195 mm; Ventilationsgrösse 6′ 39″; Luftzutritt 680 cc. Constanter Druck und Luftzutritt bis 1^h 15′; hier wird der Hahn geöffnet. Das Thier bekommt, als der Druck 220 mm erreicht, sehr heftige Dyspnoe. Keine Brechbewegungen. Allmählich verfällt es in tiefen Sopor, wobei die Athmung sehr langsam und oberflächlich wird. Bleibt nach dem Herausnehmen noch längere Zeit in tiefem Coma. Temperaturabnahme um 2,3° bis 39,6°. Gewichtsabnahme 10 gr. Die Temp. war des Abends bereits wieder auf 40,6° gestiegen, betrug am nächsten Morgen 41,4°, und am dritten Morgen 41,8°.

Tabelle I.

(Uebersicht der Versuche IV — X.)

Versuchs-Thier.	Versuchs-No.	Datum.	Dauer des Aufenthalts in der Glocke.	Bei Depressionen unter 205 mm			Temp. der Glocke.	Temp.-Abfall der Taube.	Gew.-Abfall der Taube.
				Dauer des Aufenthalts.	Ventilationsgrösse.	Luftzutritt in 1 Min.			
Braune T.	IV	8. VI.	4^h 40′	3^h	6′ 7″	750 cc	19°	4,5°	9 gr
	V	12. VI.	2^h 10′	1^h 35′	6′ 42″	680	15°	5,6°	8
	VI	13. VI.	3^h 30′	2^h 30′	7′ 42″	700	15—17°	5,6°	19
Weisse T.	VII	2. VI.	3^h 45′	2^h 30′	5′ 24″	800	21,5°	2,6°	14
	VIII	4. VI.	4^h 30′	3^h 30′	7′ 14″	620	22,5°	2°	10
	IX	18. VI.	6^h	5^h 20′	6′ 20″	720	17,5–19°	2,1°	10
Graue T.	X	9. VIII.	3^h 55′	2^h 5′	6′ 39″	680	22,5°	2,3°	12

Die Faeces der Thiere wurden auf die oben angeführte Weise täglich gesammelt, getrocknet, bei der braunen und weissen Taube zu je viertägigen, bei der grauen zu je zweitägigen Perioden zusammengethan, gewogen und gepulvert. Eine Portion davon wurde

zur $\overline{U}$-bestimmung, eine andere zur N-bestimmung verwandt.

Die Harnsäure wurde im Wesentlichen nach dem von v. Knieriem[1]) angegebenen Verfahren gewonnen. Ca. 1 gr der genau abgewogenen, und vorher auf das feinste pulverisirten Substanz wurde wiederholt in der Wärme mit Alkohol-Aether, schliesslich mit absolutem Alkohol so lange extrahirt, bis derselbe farblos ablief. Die ausgewaschene Masse wurde mit 1,8 pCt. Natronlauge gekocht, und durch ein Gazefilter mit Hülfe von Druckdifferenz filtrirt. Das Filtrat wurde auf ein geringes Volumen abgedampft, und durch Papier mittelst Druckdifferenz filtrirt. Aus diesem Filtrat wurde die Harnsäure durch Salzsäure in der Wärme gefällt; nach 48 stündigem Stehen in der Kälte wurden die ausgeschiedenen Krystalle auf einem gewogenen Filter gesammelt, und mit kaltem Wasser gewaschen. Es genügten stets 35 cc, um die Chlorreaction in dem ablaufenden Wasser zum Verschwinden zu bringen, sodass es nie nöthig war, die von Zabelin und Voit empfohlene Correction anzuwenden.

Der Stickstoff wurde durch Verbrennen einer genau abgewogenen Menge der auf das Feinste gepulverten und gemischten Faeces von ca. 0,5—1,0 gr mit Natronkalk im Rohr, Auffangen des sich entwickelnden NH_3 in HCl, und Titriren derselben mit einer Lösung von salpetersaurem Silberoxyd bestimmt, von der 20,6675 = 0,2 ClNa entsprachen. Voit empfahl bei seinen

[1]) Zeitschrift für Biologie. Bd. XIII, p. 41; von Knieriem, Ueber das Verhalten der im Säugethierkörper als Vorstufen des Harnstoffs erkannten Verbindungen zum Organismus der Hühner.

N-bestimmungen an den Excrementen der Taube eine völlig gleichmässige Mischung, um nicht sehr bedeutenden Fehlern ausgesetzt zu sein; denn die Excremente der Vögel bestehen aus zwei ganz verschiedenen Elementen, der Harnsäure und dem eigentlichen Koth; erstere zerfällt getrocknet ausserordentlich leicht beim Pulverisiren, während der Koth grösseren Widerstand leistet und nur mit grösster Mühe zu feinsten Körnchen zerstampft werden kann. Um dem Umstande zu entgehen, dass in Folge ungleicher Vertheilung — die mehlartige $\overline{U}$ senkt sich zu Boden, der feinkörnige Koth bleibt oben — die einzelnen Schichten des Kothes verschiedene Werthe des N-gehaltes geben, hat Voit[1]) ein sehr umständliches Verfahren angegeben, dem ich mit Recht aus dem Wege gehen konnte, als ich durch sehr mühsames Mischen schliesslich eine solche Homogenität der Wirkung erzielte, dass drei verschiedene Proben der N-bestimmung einen Unterschied nur in der vierten Decimalstelle ergaben.

Die Resultate der Analysen sind in folgenden Tabellen (S. 37—39) niedergelegt; die fett gedruckten Zahlen entsprechen immer einer Periode, in die Versuchstage fallen. Alle 3 Thiere wurden bereits einige Tage vor Beginn der Versuchsreihe mit der bestimmten Portion Erbsen gefüttert. Die braune und die weisse Taube (Tab. II und III) erhielten täglich 25 gr Tischerbsen, die graue Taube (Tab. IV) täglich 20 gr solcher Erbsen, die künstlich ihrer äusseren Hülse beraubt waren; Voit hat damals seine Taube auch mit diesen Erbsen

[1]) l. c. p. 69.

gefüttert. Die weisse Taube frass bis zn der zweiten Versuchsperiode ihr Pensum spontan auf; von da an musste ihr, wie es bei den beiden anderen Tauben die ganze Zeit über geschah, das Futter Erbse für Erbse eingestopft werden.

Für die Thiere Braun und Weiss (Tab. II und III) reichte ein für allemal ein Vorrath von Tischerbsen, aus dem auch die Portion für die Analyse genommen wurde. Aus dem Vorrath der ihrer äusseren Hülse entledigten Erbsen, mittelst deren die graue Taube (Tab. IV) genährt wurde, ist ebenfalls eine Analyse gemacht worden. Dieselbe wurde durch Verbrennen einer abgewogenen Portion bei 100° getrockneter Erbsen mit Natronkalk im Rohr, Titriren der vorgelegten HCl mit Normalsilberlösung ausgeführt. Es ergab sich als Wassergehalt der lufttrockenen Tischerbsen 13,1 pCt., der lufttrockenen ausgehülsten Erbsen 15,4 pCt., als N-gehalt der Tischerbsen 3,95 pCt, der ausgehülsten Erbsen 4,13 pCt. Es befinden sich demnach in 100 gr lufttrockner resp. 86,9 gr bei 100° getrockneter Tischerbsen 3,432 N (d. h. Nahrungseinfuhr in je einer Periode bei der braunen und weissen Taube); die graue Taube erhielt in jeder Periode in 40 gr lufttrockner resp. 33,8 gr bei 100° getrockneter ausgehülster Erbsen 1,39 N eingeführt.

Sehen wir uns nun diese Tabellen in Bezug auf die Einwirkung der Luftverdünnung an, so können wir in Tab. II allerdings eine Vermehrung der ausgeschiedenen $\bar{U}$- und N-mengen in den aus den Versuchsperioden stammenden Faeces constatiren. Der erste Eingriff — bestehend in 3 stündigem Verweilen in $^1/_4$ Atmosphäre

Tabelle II

(zu den Versuchen IV—VI gehörend. Braune Taube).

Datum.		Gewicht der Taube.	Gewicht der Faeces.	Harnsäure-Summe.	Harnsäure-pCt.	Stickstoff-Summe.	Stickstoff-pCt.	N berechnet aus $\overline{U}$.	Versuchsprotocoll. (Vergl. Tabelle I.)	Bemerkungen.
Mai 31 Juni 1 — 2 — 3	I	287 295 310 306	33,45	3,9838	11,91	3,2781	9,8	1,3279		Die eingeklammerten Zahlen bei den Gewichten der Taube bedeuten die Gewichtsabnahme nach dem Versuch.
— 4 — 5 — 6 — 7	II	310 309 310 312	35,75	3,8537	10,78	3,2175	9,0	1,2865		
— 8 — 9 — 10 — 11	Versuchstag III	316(307) 308 327 325	**38,0**	**4,3852**	**11,54**	**4,1154**	**10,83**	**1,4617**	Am 8. befand sich die Taube 3 h bei einer Depression unter 205 mm, und bekam in 1 Min. 750 cc Luft,	Kothmenge ist verringert, aber dick mit weissen Massen belegt. Am 11. erscheinen die Faeces normal, aber sehr vermehrt.
— 12 — 13 — 14 — 15	Versuchstag Versuchstag IV	332(324) 337(318) 328 328	**38,91**	**4,6302**	**11,9**	**3,6964**	**9,5**	**1,5434**	Am 12. und 13. befand sich die Taube 1 h 35′ resp. 2 h 30′ bei einer Depression unt. 205 mm und bekam in 1 Min. 680 resp. 700 cc Luft.	Die Faeces am 12. und 13. bestehen meist aus flüssigem Harn. Vom 14. an wird der Koth sehr vermehrt, und breiig, ganz dunkel gefärbt, ganz dick mit weissen Massen, anscheinend Harnsäure, belegt.
— 16 — 17 — 18 — 19	V	322 325 323 320	36,12	3,2398	8,97	3,1424	8,7	1,0799		Vom 18. an werden die Faeces ganz normal.

Tabelle III

(zu den Versuchen VII—IX gehörend. Weisse Taube).

Datum.		Gewicht der Taube.	Gewicht der Faeces.	$\overline{U}$-Summe.	$\overline{U}$-pCt.	N-Summe.	N-pCt.	N aus $\overline{U}$ berechnet.	Versuchsprotokoll. (Vergl. Tabelle I.)	Bemerkungen.
Mai 25 — 26 — 27 — 28	I	285 294 299 298	40,4	4,068	10,07	3,042	7,53	1,356		
— 29 — 30 — 31 Juni 1	II	298 306 300 302	40,01	3,6633	9,156	2,9001	7,45	1,2211		Die eingeklammerten Zahlen bei den Gewichten der Taube bedeuten die Gewichtsabnahme nach dem Versuche.
— 2 — 3 — 4 — 5	Versuchstag Versuchstag III	300 (286) 322 314 (304) 314	**39,17**	**5,0999**	**13,02**	**3,6878**	**9,41**	**1,6999**	Am 2. und 4. befand sich die Taube 2^h 30′ resp. 3^h 30′ bei einer Depression unter 205 mm, bekam in 1 Min. 800 resp. 620 cc Luft zugeführt.	Menge der Faeces verringert, sehr wässrig, mit auffallend dicken weissen Massen belelegt, anscheinend $\overline{U}$.
— 6 — 7 — 8 — 9	IV	322 316 320 320	41,39	5,1447	12,43	3,6465	8,81	1,7149		Menge der Faeces sehr vermehrt, Koth ganz hellgrün, sehr breiig.

— 10 — 11 — 12 — 13	V	322 326 325 327	39,5	3,9934	10,11	3,5589	9,01	1,3311		
— 14 — 15 — 16 — 17	VI	325 326 328 330	40,25	3,8962	9,68	3,1797	7,9	1,2987		Faeces wieder ganz normal.
— 18 — 19 — 20 — 21	Versuchstag VII	333 (323) 344 353 362	**38,15**	**4,1469**	**10,87**	**3,6853**	**9,66**	**1,3823**	Am 18. befand sich die Taube 5h 20′ bei einer Depression unter 205 mm, bekam in 1 Min. 720 cc Luft zugeführt.	Faeces am 18. und 19. sehr verringert, bestehend aus viel flüssigem Harn, und wenig, ganz schwarzem Koth. Vom 20. an werden die Faeces sehr reichlich, hellgrün, grosse Haufen, in dicker Schicht mit weissen Massen belegt.
— 22 — 23 — 24 — 25	VIII	351 345 337 339	41,73	4,3899	10,52	3,6222	8,68	1,4633		
— 26 — 27 — 28 — 29	IX	345 337 341 345	39,65	3,6982	9,34	3,1903	8,17	1,2327		Faeces wieder normal.

Tabelle IV

(zu Versuch X gehörend. Graue Taube).

Datum.		Gewicht der Taube.	Gewicht der Faeces.	$\overline{U}$-Summe.	$\overline{U}$-pCt.	N-Summe.	N-pCt.	N berechnet aus $\overline{U}$.	Versuchsprotocoll. (Vergl. Tabelle I.)	Bemerkungen.
Aug. 3 — 4	I	247 250	11,85	2,6651	22,49	1,298	10,96	0,884		Während der Koth der anderen Thiere normal dunkelgrün ist, so zeigt dieser eine sehr blasse, fast graue Farbe und ist sehr wässrig.
— 5 — 6	II	253 252	11,77	2,6152	22,22	1,287	10,94	0,872		
— 7 — 8	III	251 251	12,2	2,7035	22,16	1,337	10,96	0,901		
— 9 — 10	Versuchstag IV	254(242) 265	**11,45**	**2,647**	**23,12**	**1,352**	**11,81**	**0,882**	Am 9. befand sich die Taube $2^h\,5'$ bei einer Depression unter 205 mm, bekam in 1 Min. 680 cc Luft zugeführt.	Die Menge des Faeces auffallend verringert. Koth sehr breiig.
— 11 — 12	V	265 260	13,5	3,091	22,9	1,483	10,98	1,03		Menge der Faeces sehr vermehrt, Koth viel dunkler als je zuvor, im übrigen ganz breiig.
— 13 — 14	VI	261 260	12,4	2,749	22,17	1,335	10,77	0,916		

— wird mit einer Steigerung der $\overline{U}$-menge um **0,53** gr beantwortet; die N-menge steigt um **0,898**. Die am 4. und 5. Tage nachher angestellten Versuche — einmal $1^1/_2$ stündiger Aufenthalt, das andere Mal $2^1/_2$ stündiger Aufenthalt in $^1/_4$—$^1/_5$ Atmosphäre — veranlasst in Beziehung auf die normale Ausscheidung eine Steigerung der $\overline{U}$-menge um **0,876**, der N-menge um **0,479**; in Beziehung auf die Ausscheidung der unmittelbar vorhergehenden, dem ersten Versuch angehörigen Periode erfolgt nnr von Seiten der $\overline{U}$-ausscheidung ein Plus von **0,245**; die N-menge sinkt um 0,4 gr. Ziehen wir dann das Mittel der N-menge aus den Perioden I und II, vergleichen damit das Mittel der N-menge aus den Versuchsperioden III und IV, so erhalten wir als Folge des Aufenthalts in verdünnter Luft für die N-menge aus Harn und Koth berechnet ein Plus von **0,658**, für die N-menge aus $\overline{U}$ berechnet ein Plus von **0,195** gr. Ziehen wir ferner in Betracht, dass in jeder Periode 100 gr Erbsen verfüttert wurden, welche **3,432** N enthielten, so konnte allerdings in den normalen Perioden I, II, V ca. 0,2 der eingeführten N in den Faeces nicht aufgefunden werden; in der ersten Versuchsperiode (III) finden wir aber in der den Faeces **0,683** N mehr als eingeführt war, und in der zweiten Versuchsperiode (IV) ebenfalls **0,264** N mehr als eingeführt war.

Bei der weissen Taube in Tab. III erfolgt auf den ersten Versuch und den zwei Tage später erfolgenden zweiten Versuch — bei einem Aufenthalt von einmal $2^1/_2$, das andre Mal von $3^1/_2$ Stunden in $^1/_4$ Atmosphäre — eine Steigerung der $\overline{U}$-menge um **1,436**, der N-menge

0,788. Diese Steigerung setzt sich noch auf die folgende Periode[1]) fort, in der gegen die normale Ausscheidung ein Plus von **1,48** $\bar{U}$, und von **0,75** N besteht. Gegen die Mehrausscheidung in der unmittelbar vorhergehenden Periode besteht nur in der $\bar{U}$-menge eine geringe Zunahme. In der dem dritten Versuche — Aufenthalt von 5^h 20′ in $^1/_4$ Atmosphäre — angehörenden Periode ist gegen die vorhergehende normale Periode ein Plus von **0,25** $\bar{U}$ und **0,51** N zu verzeichnen. Diese Mehrausscheidung setzt sich noch fort in der folgenden Periode, in der gegen die Normalperiode VI ein Plus von **0,49** $\bar{U}$ und **0,44** N zu verzeichnen ist. Gegen die Mehrausscheidung in der vorhergehenden Versuchsperiode besteht nur in der $\bar{U}$-menge und der aus $\bar{U}$ berechneten N-menge eine Zunahme. Es wurden in jeder Periode **3,432** N eingeführt, davon wurde stets ein Theil in den Faeces nicht aufgefunden, welche den ganz normalen Perioden I, II, VI, IX angehörten. Nach dem ersten und zweiten Versuche finden wir aber in den Perioden III, IV, V mehr N in den Faeces, als wir eingeführt haben, nämlich beziehungsweise **0,256** **0,215** — **0,127**; merkwürdig bleibt es, dass diese Mehrausscheidung von N sich über die zwei auf die Versuchsperiode folgenden Perioden erstreckt. Nach dem dritten Versuch finden wir ebenfalls in der Versuchsperiode selbst und der darauf folgenden **0,253** resp. **0,190** mehr N aus- als eingeführt.

Bei der grauen Taube (Tab. IV) erfolgt von Seiten

---

[1]) In der N Ausscheidung sogar noch auf die zweitfolgende Periode.

der Harnsäureausscheidung auf den einmaligen Aufenthalt von 2 Stunden in $^1/_4$ Atmosphäre zunächst in Beziehung auf die Normalperiode III ein Minus von 0,056; erst in der folgenden Periode erkennt man eine kleine nachträgliche Steigerung von **0,388**. Ein analoges Verhältniss zeigt die aus der Harnsäure berechnete N-menge; in der Versuchsperiode sinkt die Menge um 0,019, steigt dann in der folgenden Periode in Beziehung auf die Normalperiode III um 0,129. Die Gesammtmenge des N steigt in der Versuchsperiode um **0,015**, in der folgenden Periode aber nachträglich noch um **0,146** gr. Ziehen wir das Mittel einerseits aus den normalen Perioden II und III, andrerseits aus der Versuchsperiode IV und der folgenden Periode V, in der die Ausscheidungen ganz offenbar noch unter der Einwirkung des Versuches stehen, so erhalten wir für die gesammte N-menge eine Steigerung von **0,1** für den aus der $\overline{U}$-menge bezeichneten Stickstoff eine Steigerung von **0,07**. Es wurde in jeder Periode **1,39** N in der Nahrung eingeführt; wir finden in allen selbst in der Versuchsperiode einen Theil derselben nicht wieder; nur in der Periode V, die auf die Versuchsperiode folgt, wird **0,09** N mehr ausgeschiedeu, als eingeführt ist.

Ich sehe nun in diesem Ergebniss eine, wenn auch nur bescheidene Bestätigung des bereits früher gekennzeichneten Einflusses der verminderten O-zufuhr auf den Organismus; der Mehrzerfall des Eiweiss in Folge des Aufenthaltes in verdünnter Luft ist bei der weissen und braunen Taube gar nicht zu verkennen; die Vermehrung der N-ausscheidung bei der grauen Taube ist freilich so gering, dass ich hier davon ganz absehen will.

Allerdings sind die Werthe, welche ich in diesen Versuchsreihen erzielt habe, gegenüber denen, die Bauer und Fränkel in ähnlichen Stoffwechseluntersuchungen für die Vermehrung der N-ausscheidung fanden, geringfügig zu nennen, und man kann nur mit Vorsicht darin einen Beweis erkennen, dass eine Verminderung der O-zufuhr zu den Geweben, wie sie wenigstens durch den Aufenthalt in verdünnter Luft erzeugt wird, einen Mehrzerfall von Körpereiweiss im Gefolge hat. Dass dieser Beweis nicht kräftiger ausgefallen ist, dürfte weder an der schon von Voit für diese Art von Stoffwechseluntersuchungen als unvermeidlich hingestellten Fehlerquelle liegen, dass nämlich die getrocknete Harnsäure bei jeder Manipulation ausserordentlich leicht und massenhaft zerstäubt — denn bei einiger Vorsicht konnte dieser Umstand auf ein Minimum reducirt werden; noch dürfte die Zeitdauer des Aufenthaltes in verdünnter Luft zu beschuldigen sein, die nicht lang genug gewesen wäre — denn die angestellten Versuche zeigen, dass die Steigerung der Stickstoffausscheidung so gut wie unabhängig von der Aufenthaltsdauer und dem Grade der Verdünnung war. Auch hätte man die zarten Versuchsthiere, ohne nicht den Erfolg der ganzen Versuchsreihe in Frage zu stellen, durchaus nicht länger und in stärkeren Graden der Luftverdünnung aussetzen dürfen. Ich glaube vielmehr, dass der Grund in der starken Ernährungsstörung liegt, welche das Versuchsthier unter der Glocke erleidet. Das fortgesetzte Brechen so vieler Thiere nach dem Versuche, die gänzliche Nahrungsverweigerung, die eigenthümlichen Veränderungen der Faeces

werden durch das im Versuch III mitgetheilte Sectionsprotocoll hinreichend erklärt. Die so überaus heftige Gastroenteritis, die man nicht charakteristischer sehen konnte, musste natürlich den ganzen Verdauungs- und Stoffwechselvorgang auf das empfindlichste stören. Die Gewichtszunahme, die bei der braunen Taube nach dem ersten Versuche (Tab. II, Periode III), bei der braunen Taube (Tab. III, Periode VII) so auffällig hervortrat, beruht meines Erachtens nach darauf, dass die eingestopften Erbsen in Folge der heftigen Verdauungsstörung unverdaut im Kropfe stecken blieben. In der Section des Falles Nr. III fand sich der Kropf mit aufgequollenen Erbsen dick ausgestopft. Dass unter diesen Umständen die Beweiskraft der obigen Versuchsreihen noch mehr sinkt, ist einleuchtend; auf keinen Fall vermochte das Thier nach dem Versuche die gewohnte Portion Frbsen zu verdauen, und es ging auf diese Weise die Voraussbedingung eines N-gleichgewichts verloren. Möglicherweise werden grössere Vögel, wie Hühner, in dieser Hinsicht weniger durch die verdünnte Luft zu leiden haben; anderen Falles müsste man diese Frage durch Experimentiren an hungernden Thieren zu lösen suchen. Es ist mir leider jetzt nicht möglich geworden, in diesem Sinne die Arbeit zu vervollständigen.

Es ist mir aber am Schlusse der Arbeit ein lebhaftes Bedürfniss, meinen hochverehrten Lehrern, Herrn Geheimrath Prof. Dr. Leyden sowie Herrn Dr. A. Fränkel meinen tiefgefühltesten Dank auszusprechen für die grosse Liberalität, mit der mir die Mittel des Laboratoriums der propädeutischen Klinik an der hiesigen Universität zur Verfügung gestellt wurden, und für den mannigfachen freundlichen Beistand, der mir in Rath und That zu Theil wurde.

THESEN.

I.

Athmen mit offnem Munde ist schädlich.

II.

Hohes Fieber bei Septicaemie, besonders in puerperalen Zuständen, ist oft noch durch Alcohol zu mässigen, wenn Chinin wirkungslos bleibt.

III.

Die Section an Diphtheritis Gestorbener ist mit ganz besonderer Vorsicht zu machen und von der Klinik aus thunlichst als solche zu bezeichnen, da in vielen Fällen die Diagnose der Diphtheritis anatomisch nicht zu stellen ist.

Verfasser, Johann Sebastian Levy, Sohn des Rentier Hugo Levy in Berlin, wurde am 31. Oct. 1858 in Breslau geboren. Er besuchte das Kgl. Wilhelms-Gymnasium in Berlin seit Michaelis 1867, mit einer einjährigen Unterbrechung von Michaelis 1874 bis 1875, während der er auf das Gymnasium zu Frankfurt a. M. ging. Er verliess das Kgl. Wilhelms-Gymnasium Ostern 1877 mit dem Zeugniss der Reife, ging, um Medicin zu studiren, auf ein Semester nach Greifswald, und besuchte dann von Michaelis 1877 bis 1881 die Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin. Von Michaelis 1879 bis Ostern 1880 diente er mit der Waffe beim II. Garde-Regiment z. F. Am 17. Mai 1879 bestand er das Tentamen physicum, am 7. Juli 1881 das Tentamen medicum, am 15. Juli 1881 das Examen rigorosum. —

Während seiner Studienzeit besuchte er die Vorlesungen und Curse folgender Herren: Bardeleben, Baumann, du Bois-Reymond, von Feilitzsch, A. Fränkel, Frerichs, Fritsch, Guttmann, Grawitz, Gusserow, Hartmann, Helmholtz, Hirschberg, Jürgens, Krönlein, Küster, von Langenbeck, Lewin, Leyden, Liebreich, Limpricht, Meyer, Münter, Reichert, Runge, Sell, Senator, Schröder, Virchow, Waldenburg †, Werder, Westphal. Allen diesen seinen Lehrern spricht Verfasser seinen aufrichtigen Dank aus.